

VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie

Návrh technologie výroby stříhadla

Technology Proposal of Shear

Student:

Bc. Vojtěch Bordovský

Vedoucí diplomové práce:

Doc. Ing. Robert Čep, Ph.D.

Ostrava 2015

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Vojtěch Bordovský**  
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství  
Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie  
Specializace: 20 Strojírenská technologie  
Téma: **Návrh technologie výroby stříhadla**  
**Technology Proposal of Shear**

Zásady pro vypracování:

1. Úvod do problematiky.
2. Technologie frézování.
3. Návrh technologie výroby vybraného představitele stříhadla.
4. Návrh technologických parametrů, strojů a nástrojů.
5. Technicko-ekonomické zhodnocení.

Seznam doporučené odborné literatury:


- [1] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. *Technologie II 1. díl*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007, s. 126. ISBN 978-80-248-1641-8.
- [2] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. *Technologie II 2. díl*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2008, s. 150. ISBN 978-80-248-1822-1.
- [3] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; SADÍLEK, M.; PETŘKOVSKÁ, L.; NOVÁKOVÁ, J. *Nové směry v progresivním obrábění*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007. Dostupné na <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/NSPO>. ISBN 978-80-248-1505-3.
- [4] NESLUŠAN, M.; TUREK, S.; BRYCHTA, J.; ČEP, R.; TABAČEK, M. *Experimentálne metódy v trieskovom obrábaní*. 1. vyd. Žilina : Žilinská univerzita v Žiline, EDIS, 2007. 343 s. ISBN 978-80-8070-711-8.
- [5] SHAW, Milton C. *Metal Cutting Principles*. 2nd edition. New York : Oxford University Press, 2005. 651. p. ISBN 0-19-514206-3.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

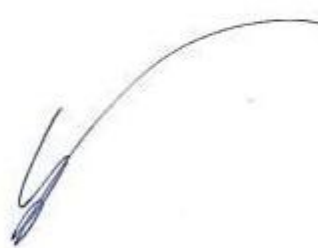
Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Robert Čep, Ph.D.**

Datum zadání: 12.12.2014

Datum odevzdání: 18.05.2015

  
Ing. et Ing. Mgr. Jana Petřů, Ph.D.  
vedoucí katedry



  
doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

### **Místopřísežné prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě ..18.5.2015




podpis studenta

## Prohlášení o využití výsledků diplomové práce

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo
- беру на ве́доміі, же Высoкá škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB – TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 ods.3)
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB – TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB – TUO
- bylo sjednáno, že s VŠB – TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu o oprávnění užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněna v takovémto případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše)
- беру на ве́доміі, же odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 18.5.2015



podpis

Bc. Vojtěch Bordovský

Neplachovice, Cihelní 212

### **Poděkování**

Rád bych poděkoval vedoucímu diplomové práce Doc. Ing. Robertu Čepovi, Ph.D. za cenné rady a čas, který mi byl věnován. Také bych rád poděkoval firmě Nimax s.r.o. za poskytnuté informace.

## ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

BORDOVSKÝ, V. *Návrh technologie výroby stříhadla: diplomová práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění a montáže, 2015, 60 s. Vedoucí práce: Čep, R.

Diplomová práce se zabývá návrhem vhodné technologie výroby vybraného stříhadla. Stříhadlo slouží pro výrobu podložek. K výrobě jsou použity převážně nástroje firmy Seco Tools s.r.o. Pro získání strojních časů byly použity simulace obrábění. Tyto simulace byly provedeny v programu GibbsCAM. Díky takto získaným časům bylo provedeno technicko-ekonomické zhodnocení.

BORDOVSKÝ, V. *Technology Proposal of Shear : Thesis*. Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machining and Assembly, 2015, 60 p. Thesis head: Čep, R.

Thesis is dealing with design appropriate technology of manufacturing Shear. Shear serves for production ground cloth. For production is used modern tools from Seco Tools Company s.r.o. To obtain machine time was Machining proces simulated. This simulation was made in GibbsCAM. Thanks to machine time was made technical-economic evaluation.

## Obsah

1.	Úvod do problematiky.....	11
1.2	Představení vybraného představitele stříhadla .....	11
1.3	Jednotlivé části stříhadla .....	12
1.3.1	Kotevní deska .....	12
1.3.2	Střížná deska.....	12
1.3.3	Rozpěrné lišty .....	13
1.3.4	Vodicí deska .....	13
1.3.5	Opěrná deska I.....	13
1.3.6	Opěrná deska II.....	14
1.3.7	Střížník D28.....	14
1.3.8	Střížník D 44.....	14
1.3.9	Střížník 52 x 10 .....	15
1.3.10	Střížník D 10.....	15
1.4	Charakteristika obráběných materiálů.....	15
1.4.1	Materiál 11 500.....	16
1.4.1	Materiál 19 312.4.....	16
2.	Technologie frézování.....	17
2.1	Podstata metody .....	17
2.2.	Řezné podmínky.....	18
2.3.	Materiálové složky a obrobitelnost .....	20
2.3.1	Legující prvky oceli.....	21
2.3.2	Mechanické vlastnosti a obrobitelnost .....	22
2.3.3	Obrobitelnost nástrojové oceli pro práci za studena.....	22
3.	Návrh technologie výroby vybraného představitele stříhadla.....	24
3.1	Technologie výroby kotevní desky .....	24
3.2	Technologie výroby základní desky .....	26

3.3	Technologie výroby vodící desky .....	29
3.4	Technologie výroby opěrné desky II .....	30
3.5	Výroba v externí kooperaci .....	33
3.6	Postup montáže.....	34
4.	Návrh technologických parametrů, strojů a nástrojů .....	38
4.1	Návrh vhodných strojů .....	38
4.2	Návrh vhodných nástrojů .....	41
4.2.3	Nástroje pro frézování .....	41
4.2.4	Nástroje pro vrtání .....	43
4.2.5	Nástroje pro závitování.....	44
4.3	Návrh vhodných upínacích prvků .....	46
4.3.3.	Modulární svěrák .....	46
4.	Technicko-ekonomické zhodnocení.....	47
4.1	Ekonomické zhodnocení .....	47
4.1.1	Ekonomické zhodnocení výroby kotevní desky .....	47
4.1.2	Ekonomické zhodnocení výroby základní desky .....	48
4.1.3	Ekonomické zhodnocení výroby vodící desky .....	49
4.1.4	Ekonomické zhodnocení výroby opěrné desky II .....	50
4.1.5	Ekonomické zhodnocení výroby v externí kooperaci .....	50
4.1.6	Ekonomické zhodnocení montáže .....	51
4.1.6	Celkové shrnutí nákladů .....	52
5.	Závěr .....	53
	Seznam použité literatury .....	54
	Seznam příloh .....	56
6.	Seznam obrázků a grafů .....	57



## Seznam zkratek

Zkratka	Popis	Jednotka
$a_p$	Tloušťka obrobené vrstvy	[mm]
$a_e$	Šířka řezu	[mm]
C	Prodejní cena	[Kč]
D	Průměr nástroje	[mm]
E	Tloušťka destičky	[mm]
$f_{min}$	Posuv za minutu	[mm·min <sup>-1</sup> ]
$f_n$	Posuv na otáčku	[mm·ot <sup>-1</sup> ]
$f_z$	Posuv na zub	[mm]
HB	Tvrdost podle Brinella	[HB]
k	Krok stříhadla	[mm]
n	Otáčky za minutu	[min <sup>-1</sup> ]
$N_c$	Celkové náklady na výrobu	[Kč]
$N_m$	Náklady na montáž	[Kč]
$N_1$	Náklady na první operaci	[Kč]
$N_2$	Náklady na druhou operaci	[Kč]
$N_3$	Náklady na třetí operaci	[Kč]
$R_{emin}$	Mez kluzu	[MPa]
$R_m$	Mez pevnosti v tahu	[MPa]
$Sh_{MCFV}$	Hodinová sazba za stroj MCFV	[Kč/hod]
$Sh_{FGU80}$	Hodinová sazba za stroj FGU80	[Kč/hod]
$Sh_{WHN9}$	Hodinová sazba za stroj WHN9	[Kč/hod]
$Sh_p$	Hodinová sazba na pracovníka	[Kč/hod]

$S_{km}$	Sazba za kilometr	[Kč/km]
$T$	Výrobní čas	[Hod]
$T_k$	Kalici teplota	[°C]
$T_1$	Výrobní čas první operace	[Hod]
$T_2$	Výrobní čas druhé operace	[Hod]
$T_3$	Výrobní čas třetí operace	[Hod]
$z$	Počet zubů frézy	[-]

## 1. Úvod do problematiky

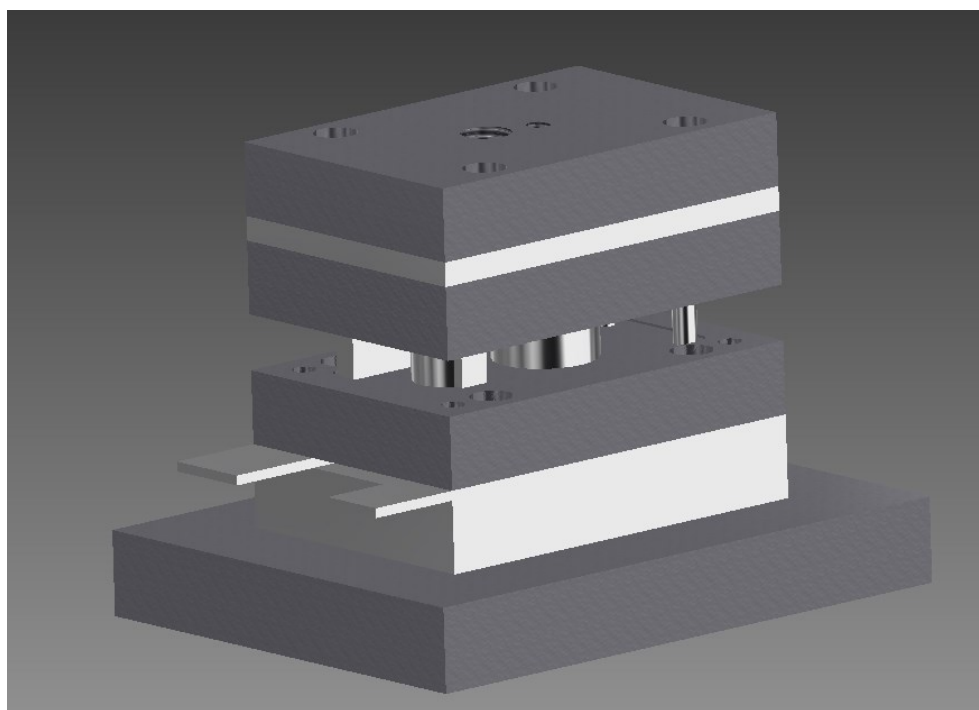
Plošné stříhání je produktivní metoda výroby součástí. Pokud mluvíme o plošném stříhání, jedná se o oddělování částic materiálu smykovým působením dvojice nástrojů podél křivky stříhu. V tomto případě střížníku a střížnice. Pro maximální efektivitu technologie stříhání je nutné se zabývat spotřebou materiálu. Tedy odpadní množství materiálu by mělo být co nejmenší. Využití materiálu by mělo být minimálně 70%. Největší podíl z celkových nákladů na stříhání tvoří cena vstupního materiálu. Proto je velmi důležitá optimalizace nástříhových plánů.

Při výrobě stříhadel je důležité dodržování přesnosti, volba vhodných nástrojů a řezných podmínek vzhledem k obrábění nástrojových materiálů. Velice často se využívá také nekonvenčních metod obrábění, jako například drátové řezání.

### 1.2 Představení vybraného představitele stříhadla

Pro tuto práci bylo zvoleno postupové stříhadlo, které slouží pro výrobu podložek. Jedná se o postupové stříhadlo. Má celkem dva kroky. Krok k, je celkem 52 mm. Hotový nástroj se celkově skládá z dvanácti hlavních částí a dalšího spojovacího materiálu.

Vstupní materiál do stříhadla má podobu pásu plechu o rozměrech 55 mm x 3 mm. A jedná se o materiál dle ČSN 11 323.



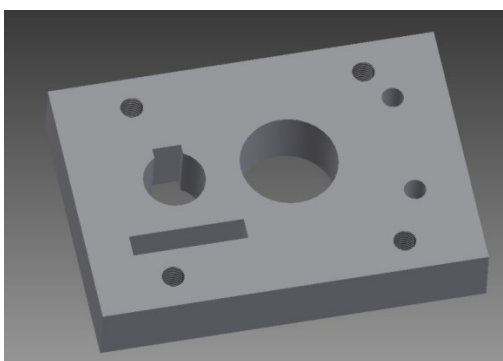
Obrázek 1. Vybrané stříhadlo

### 1.3 Jednotlivé části stříhadla

V následující kapitole budou popsány jednotlivé části stříhadla. Jedná se o kotevní desku, střížnou desku, rozpěrné lišty, vodící desku, jednotlivé střížníky a opěrné desky.

#### 1.3.1 Kotevní deska

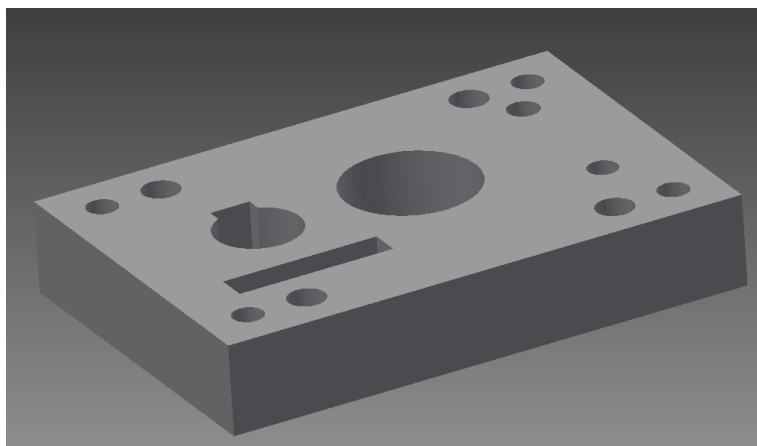
Kotevní deska je vyrobena z materiálu 11 500. Tento materiál je vhodný pro výrobu základových desek. Slouží k připevnění na lis. Otvory v kotevní desce propadává odpadní materiál, a také hotový výstřížek.



Obrázek 2. Kotevní deska

#### 1.3.2 Střížná deska

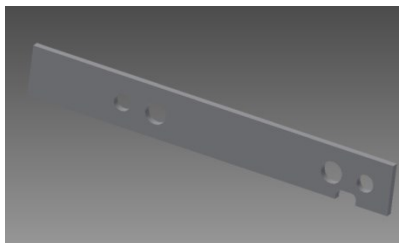
Střížná deska je vyrobena z materiálu 19 312.4 Jedná se o materiál vhodný pro výrobu nástrojů pro tváření za studena. Střížná deska musí být kalena. Kalení probíhá v externí kooperaci.



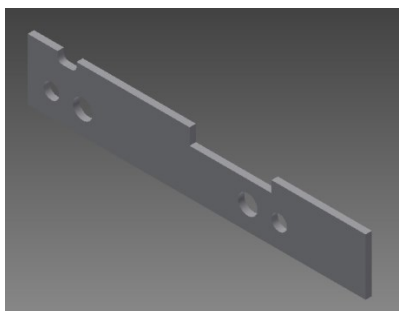
Obrázek 3. Střížná deska

### 1.3.3 Rozpěrné lišty

Rozpěrné lišty jsou vyrobeny z materiálu 19 312.4. Tento materiál je volen z důvodu otěruvzdornosti. Budou vyrobeny elektroerozivním drátovým řezáním v externí kooperaci. Lišta I má rozměry 29 mm x 215 mm x 4 mm. Lišta II 39 mm x 215 mm x 4 mm.



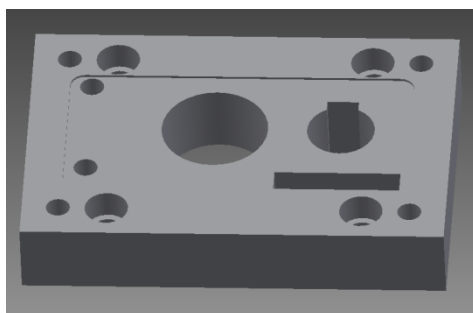
Obrázek 4. Lišta I



Obrázek 5. Lišta II

### 1.3.4 Vodicí deska

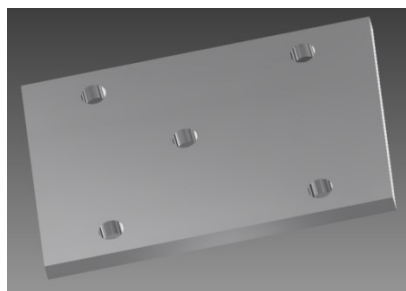
Vodicí deska je vyrobena z materiálu 11 500. V desce je vyfrézovaná drážka, která zajišťuje ulpívání maziva, které slouží k mazání střižníků.



Obrázek 6. Vodicí deska

### 1.3.5 Opěrná deska I

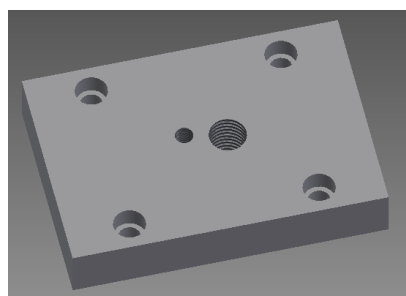
Opěrná deska je vyrobena z materiálu 19 312.4. Je v kaleném stavu. Důležitá je tvrdost této součásti. Na tuto desku v době stříhu tlačí střižníky. Kalení probíhá v externí kooperaci.



Obrázek 7. Opěrná deska I

### 1.3.6 Opěrná deska II

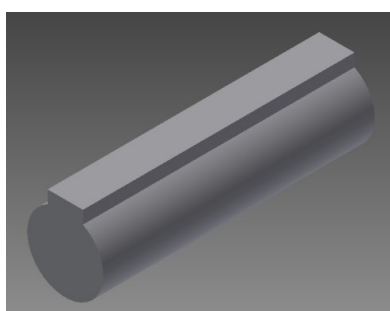
Opěrná deska II je připevněna k lisu závitem M27, a přenáší tak sílu z lisu na nástroj. Je vyrobena z materiálu 11 500.



Obrázek 8. Opěrná deska II

### 1.3.7 Střížník D28

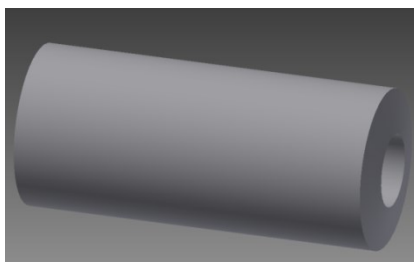
Tato část nástroje je vyrobena metodou drátového řezání v externí kooperaci. Je vyrobena z materiálu 19 312.4.



Obrázek 9. Střížník D 28

### 1.3.8 Střížník D 44

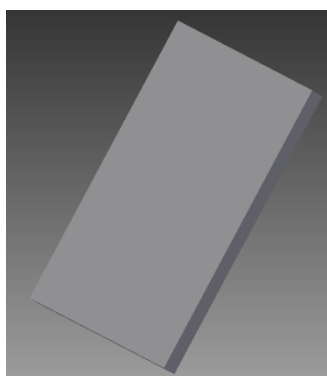
Střížník D 44 je vyroben v externí kooperaci. Je v něm vyroben závit M12, který slouží k přichycení střížníku k opěrné desce II. Je vyroben z materiálu 19 312.4.



Obrázek 10. Střížník D 44

### 1.3.9 Střížník 52 x 10

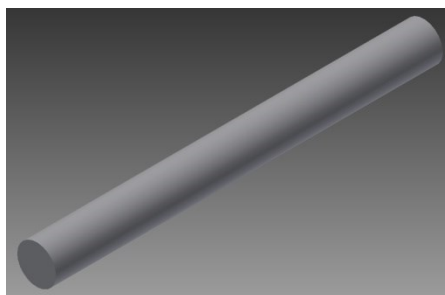
Je vyroben drátovým řezáním v externí kooperaci. Jedná se o obstříkový střížník, jehož rozměr 52 mm určuje také chod stříhadla. Je vyroben z materiálu 19 312.4



Obrázek 11. Střížník 52 x 10

### 1.3.10 Střížník D 10

Střížníky D 10 slouží k prostřihnutí odpadního materiálu na menší kusy. Jsou vyrobeny v externí kooperaci z materiálu 19 312.4.



Obrázek 12. Střížník D 10

## 1.4 Charakteristika obráběných materiálů

V této kapitole budou popsány materiály, ze kterých se vybrané stříhadlo skládá. Jedná se o konstrukční ocel 11 500 a nástrojovou ocel 19 192.4.

Tabulka 1. Použité materiály

ČSN	EN (ISO)		Vztah značek
Značka oceli	Číslo materiálu	Značka oceli	
11 500	1.0050	E295	Odpovídající
11 500	1.0533	E295GC	Obdobné
11 500	1.0543	E355GC	Obdobné

#### 1.4.1 Materiál 11 500

Jedná se o běžnou konstrukční ocel. Z tohoto materiálu jsou vyrobeny méně namáhané části stříhadla. Slouží pro výrobu strojních součástí namáhaných staticky i dynamicky. Je vhodná pro výrobu hřídelí, ozubených kol, čepů, kolíků, podložek, přírub, a také základových desek. Třída odpadu této oceli je 001. V programu SECO Cut je ve skupině 4. [4]

Tabulka 2. Mechanické vlastnosti 11 500

Materiál	$R_m$ [MPa]	$R_{e \min}$ [MPa]	Tvrдость HB
11 500	470 až 610	245	264

#### 1.4.1 Materiál 19 312.4

Jedná se o materiál vhodný k výrobě nástrojů pro stříhání za studena. Je to ocel vhodná pro všechny druhy nástrojů pro stříhání, a to i na lisech. Vhodný je pro děrování materiálů malých tlouštěk. Z tohoto materiálu se vyrábí například nože pro stříhání tenkých plechů, nástroje na ohýbání, tažení a ražení materiálů. [4]

Tento materiál je nízkolegovaná Mn-V ocel vhodná ke kalení v oleji. Vyniká dobrou stálostí rozměrů po tepelném zpracování, dobrou houževnatostí, obrobiteľností, ale hlavně odolností proti opotřebení. Tato ocel dosahuje tvrdosti asi 63 HRC. Třída odpadu je 002. [4]



## 2. Technologie frézování

### 2.1 Podstata metody

Technologie frézování je velice rozšířená metoda. Jedná se o obrábění kovů, které probíhá rotačním, vícebřitým nástrojem. Rotace musí být synchronizována s pohybem vzhledem k obrobku. Frézování je velice efektivní metoda třískového obrábění, při které každý z řezných břitů nástroje odebírá část obráběného kovu. Používá se, především pro svou vysokou výkonnost, v kombinaci s vysokou kvalitou obrábění. Energie, která se vynakládá na obrábění materiálu, je z velké části přeměněna na teplo, které se musí z obráběcího procesu dostat pryč. Děje se tak skrze řezný nástroj, obrobek, třísku. Tato metoda se používá především pro výrobu rovinných ploch. Rozvoj CNC strojů ovšem umožňuje obrábět i tvarově složité výrobky. Frézují se rovinné, vnitřní nebo vnější tvarové, rotační plochy, také se používá pro obrábění různých drážek a závitů. Frézování se stává stále univerzálnějším, a díky neustálému rozvoji strojů a nástrojů, nachází stále větší uplatnění. Dokončovací operace broušení bývá stále častěji nahrazována frézováním. [1], [2], [3], [5], [6], [8], [9], [10]



Obrázek 13. Frézování [11]

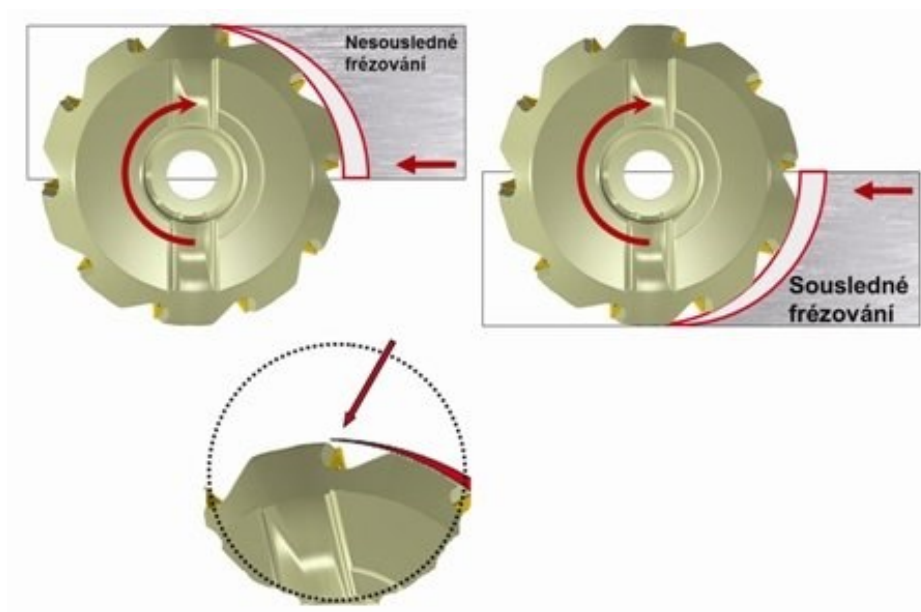
Frézování je uskutečňováno dvěma na sebe vázanými pohyby. Hlavní řezný pohyb je rotační a koná ho nástroj, obrobek koná posuvný pohyb (přímočarý, otáčivý nebo obecný pohyb po prostorové křivce). U dnešních strojů se dá posuv realizovat v několika směrech současně. Stroje, které tuto možnost nabízejí, se nazývají CNC obráběcí centra. Přebytný

materiál odebírají břity nástroje ve formě třísky. Proces řezání je přerušovaný a nástroj odebírá třísku proměnlivého průřezu. [1], [2], [3], [5], [6], [8], [9], [10]

Mezi nejběžnější operace při frézování z hlediska řezného prostředí nástroje patří:

- a) Čelní frézování rovinných a přerušovaných ploch
- b) Frézování uvnitř obrobků
- c) Frézování hlubokých drážek
- d) Frézování vícenásobných ploch
- e) Frézování vybrání
- f) Dělicí operace
- g) Frézování úzkých osazení a koutů do různých hloubek
- h) Frézování úzkých drážek
- i) Čelní frézování nestabilních a poddajných obrobků
- j) Frézování širokých drážek
- k) Kombinované frézování ploch

[10]

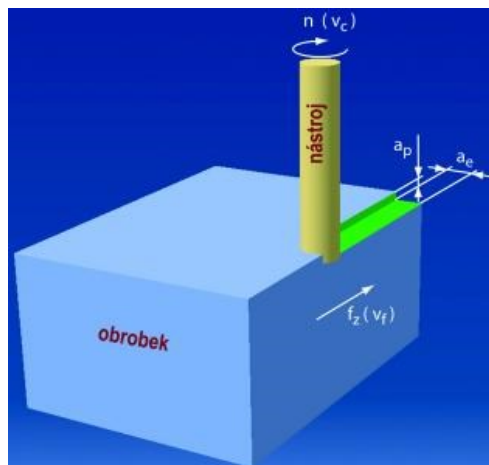


Obrázek 14. Poloha nástroje při frézování [12]

## 2.2. Řezné podmínky

Pojem řezné podmínky je v podstatě souhrn jednotlivých pojmů, které rozhodují o výsledku obrábění. Jedná se o otáčky, řeznou rychlost a posuv. Tyto parametry obrábění

ovlivňují jednak jakost obrobeného povrchu, ale také trvanlivost nástroje. Optimální volba řezných podmínek je zásadní pro hospodárné obrábění. [2], [3]



Obrázek 15. Řezné podmínky [13]

Otáčky vřetene se dají jednoduše vysvětlit jako počet otáček vřetena za minutu. Značíme písmenem  $n$  (1/min). Otáčky vřetene jsou výstupní hodnotou stroje, tedy také nástroje. Tato hodnota však vypovídá jen málo o tom, co se děje na řezném břitu. [1], [2], [3], [6]

Řezná rychlost se ve své podstatě rovná obvodové rychlosti. Je to velice důležitá hodnota. Doporučenou hodnotu udává výrobce nástroje. Tato hodnota zcela jasně vypovídá o tom, jakou rychlost koná břit nástroje. Jedná se o velmi důležitou veličinu, která se vztahuje k nástroji a její správná volba zajišťuje, že obrábění probíhá hospodárně a účinně. Dá se vypočítat z následujícího vztahu: [1], [2], [3], [6]

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (2.10)$$

$D$  – průměr nástroje [mm]

$n$  – počet otáček [ $\text{min}^{-1}$ ]

U frézování také vyčíslujeme několik hodnot posuvů. Jde o posuv za minutu  $f_{\text{min}}$ , respektive posuvová rychlost  $v_f$ . Tato hodnota se rovná relativní rychlosti mezi osou nástroje a obrobkem. Hodnota  $v_f$  se také nazývá rychlost stolu. Tato hodnota obvykle bývá dána obráběcím strojem. Při výpočtu vycházíme ze vztahu: 2.11 [2], [3], [6]

$$v_f = f_n \cdot n = f_z \cdot z \cdot n \quad (2.11)$$

$$f_n = f_z \cdot z \quad (2.12)$$

$f_z$  – posuv na zub [mm]

$f_n$  – posuv na otáčku [ $\text{mm} \cdot \text{ot}^{-1}$ ]

$z$  – počet zubů frézy [-]

Posuv na zub (destičku)  $f_z$  je vlastně lineární vzdálenost, kterou urazí nástroj oproti obrobku mezi vstupem dvou zubů do záběru. Vzniká při rotaci a posuvu frézy podél obrobku. Jedná se o zcela klíčový faktor při frézování, jeho správná volba je klíčová. Protože fréza je nástroj vícebřitý, je hodnota tohoto posuvu limitována možnostmi každého jednotlivého břitu. Doporučenou hodnotu posuvu na zub udává výrobce nástroje v doporučených řezných podmínkách. [6]

Posuv na otáčku  $f_n$  je pomocnou veličinou, je to délka dráhy, kterou nástroj urazil za jednu otáčku. Například čelní fréza osazena 8 destičkami obrobí na jednu otáčku vzdálenost rovnající se osminásobku posuvu na zub (destičku). Tato hodnota se může v určité míře použít pro posouzení dokončovacích řezů. [2], [3], [6]

U frézování se setkáváme také s hloubkou řezu  $a_p$  a šířkou řezu  $a_e$ . Hloubka řezu  $a_p$  je při frézování vlastně hloubka obrobené vrstvy. Tato hodnota se měří v ose rotace nástroje. Jedná se o hodnotu, o kterou je fréza zapuštěna pod neopracovanou plochu při čelním frézování. Šířka řezu  $a_e$  je radiální hloubka řezu. Měří se na průměru frézy. Tato hodnota určuje, jaká část frézy je nad obrobkem u čelního frézování. A také hloubku zanořené vrstvy při bočním frézování. [1], [2], [3], [6]

Důležitý faktor při čelním frézování je vztah frézy a obrobku, s ohledem na velikost a také polohu nástroje vzhledem k obrobku. Průměr nástroje je ovlivňován šířkou obrobku. V optimálním případě by měl být asi o 30 % větší než je šířka obrobku. To však často není možné, z hlediska stability a výkonu stroje, a také u obrábění větších obrobků. Frézování se tak často provádí ve více průchodech nad obrobenou plochou. [6]

### **2.3. Materiálové složky a obrobitelnost**

Na obrobitelnost materiálu mohou mít velice silný vliv složky, které materiálová struktura obsahuje. Tyto složky mohou být jak zamýšlené, tak i nezamýšlené. V takovém případě se jedná o nečistoty. [8]



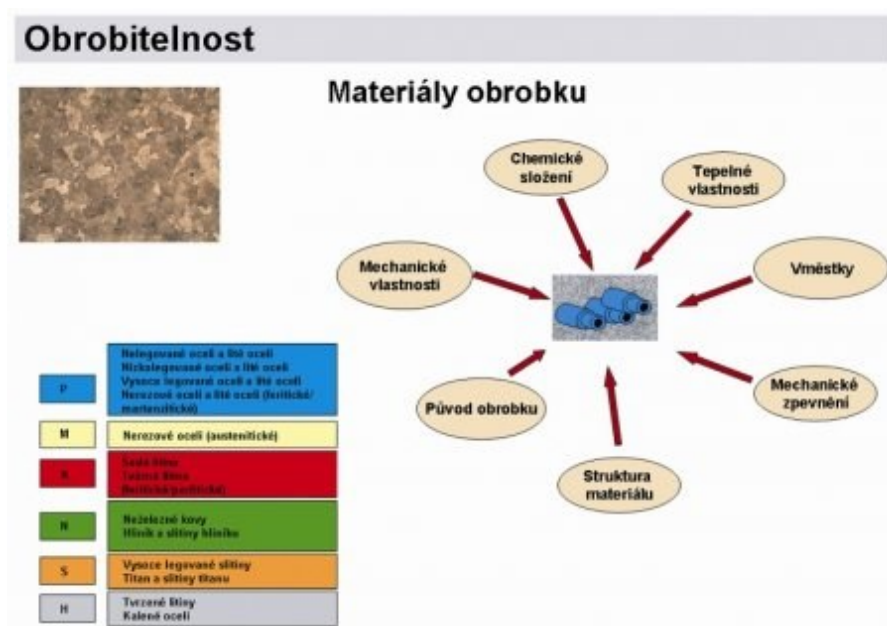
Obrázek 16. Skupiny obráběných materiálů [14]

### 2.3.1 Legující prvky oceli

Čisté železo obsahuje zhruba 0,04 % C a má tvrdost 80 HB. Dojde-li k přidání legujícího prvku, může dojít ke zvýšení tvrdosti železa. Pro uhlíkovou ocel, nízkolegovanou ocel a většinu nástrojových ocelí je nejdůležitějším prvkem uhlík. Mezi ostatní legující prvky patří mangan, chrom, nikl, a karbidotvorné prvky (vanad, wolfram). Chrom a nikl se používají nejčastěji v malém množství. Dochází k zvýšení schopností materiálu v důsledku tvrzení. Naproti tomu karbidotvorné prvky zvyšují odolnost materiálu proti opotřebení. [8]

Při větším množství niklu nebo kobaltu hrozí riziko hromadění materiálu na řezném nástroji. Prvky jako chrom, vanad, wolfram a hliník způsobují riziko opotřebení nástroje vznikem tvrdých karbidů. [8]

Některé legující prvky mohou mít na obrobitelnost pozitivní vliv. Obecně může platit, že olovo a síra mají mazací efekt, fosfor a síra mohou usnadnit odlamování třísky. Mangan může také zlepšit obrobitelnost. V kombinaci se sírou se vytvoří sulfid manganu. Malé množství vápníku obsaženého v materiálu se ukázalo z hlediska mazacích účinků ještě efektivnější než olovo a síra. [8]



Obrázek 17. Obrobitelnost [15]

### 2.3.2 Mechanické vlastnosti a obrobitelnost

Tvrдость materiálu obrobku nelze brát jako měřítko obrobitelnosti. Výjimku mohou tvořit materiály s podobnými mechanickými vlastnostmi a chemickým složením. Viditelné je to při porovnání austenitické korozivzdorné oceli s feritickou uhlíkovou ocelí stejné tvrdosti. Lze říct, že tvrdost je odolnost materiálu vůči plastické deformaci. Tvrдость je pouze jeden z faktorů, který je zahrnut do konceptu obrobitelnosti. [8]

Pevnost v tahu materiálu ovlivňuje obrobitelnost. Obrábění materiálu, který má vysokou pevnost v tahu, vyžaduje mnohem více energie. Neexistuje ovšem vzorec, který by vypočítal obrobitelnost materiálu na základě pevnosti. [8]

Tvárnost také ovlivňuje obrobitelnost. Jedná se o vlastnost, která určuje, do jaké míry je materiál schopen zvládnout plastickou deformaci, než dojde k ulomení. U materiálu, který je tvárný, bývá problém dosáhnout odlamování třísek. Pokud je materiál pevný a tvárný zároveň, jako v případě superslitin, je tento problém velký. [8]

### 2.3.3 Obrobitelnost nástrojové oceli pro práci za studena

Nástrojová ocel pro práci za studena má pevnost 45-65 HRC. Tato ocel vykazuje poměrně dobrou obrobitelnost, a také dobrou rozměrovou stabilitu při tepelném zpracování. Je také poměrně hodně odolná proti otěru. Těchto vlastností je dosahováno legováním prvků jako mangan, wolfram, chrom, nikl, molybden a vanad. Tepelné zpracování vede k transformaci struktury na martenzitickou. V této struktuře jsou uloženy karbidy, které

vedou k výmolovému poškození řezného nástroje. Nástroj je opotřeben převážně abrazivním působením. Silný řezný odpor, který materiál klade, vede k limitování průřezu třísky. Může dojít k odlamování břitu, a následně k destrukci nástroje. [8]

### 3. Návrh technologie výroby vybraného představitele stříhadla

V následující kapitole bude popsána technologie výroby stříhadla, včetně zvolených řezných podmínek. Bude také provedeno vyhodnocení výroby z časového hlediska. Informace o časech obrábění byly získány jednak ze simulací obrábění, jednak ze zkušeností. Simulace obrábění byly provedeny v programu GibbsCam 2014. Výsledný čas obrábění bude použit při technicko-ekonomickém zhodnocení výroby stříhadla. Časy získané simulacemi obrábění nebývají totožné se skutečným časem obrábění. Jednak z důvodu, že simulace nepočítá s výměnou nástrojů, přejezdy rychloposuvem a další. Čas výměny nástroje je přibližně 9 sekund. Časy simulací je tedy nutné citlivě navýšit, a co nejvíce se tak přiblížit ke skutečnému času obrábění.



Obrázek 18. GibbsCAM 2014

#### 3.1 Technologie výroby kotevní desky

Jak již bylo zmíněno, kotevní deska je vyrobena z materiálu 11 500. Jde o dobře obrobitelný materiál. Polotovar má rozměry 180 mm x 125 mm x 35 mm. K celkovému výrobnímu času bude přičten čas na ustavení svěráku a přípravu stroje.

##### - Operace 1 – Zarovnání plochy

Tato operace bude provedena na stroji MCFV 2080 NT. Součást bude upnuta do modulárního svěráku a bude zarovnána plocha. Od této zarovnané plochy bude vycházeno při dalším obrábění. Bude tak docíleno dostatečné přesnosti výroby. Doba obrábění kusu bude 3 minuty. Při obrábění prvního kusu bude potřeba připočíst čas přípravy stroje. Tedy ustavení svěráků a chystání nástrojů. U výroby zbývajících desek tento čas



nebude nutné započíst, protože stroj již bude připraven. Tento čas byl odhadnut na 30 minut. Celková doba obrábění prvního kusu by neměla přesáhnout 33 minut.

Tabulka 3. Operace 1

Číslo op.	Popis	Nástroj Pomůcky	Řezné podmínky:			
			T [min]	V <sub>c</sub> [m·min <sup>-1</sup> ]	n [min <sup>-1</sup> ]	f <sub>z</sub> [mm/zub]
1.1	Upnout	Modulární svěrák	1m0s	-	-	-
1.2	Frézovat hl. 2 mm	Double Octomill	1m0s	265	845	0,17
1.3	Uvolnit, zbavit otřepů	Rotační kotoučová bruska	1m	-	-	-

#### - Operace 2 - Frézování obvodů

Tato operace bude provedena na stroji WHN 9. Součást bude upnuta pomocí upínek ke stolu stroje. Součást bude ležet na stole na ploše, která byla obrobena v operaci 1. Tato operace bude trvat asi 32 minut. Celková doba obrábění bude 47 minut.

Tabulka 4. Operace 2

Číslo op.	Popis	Nástroj Pomůcky	Řezné podmínky:			
			T [min]	V <sub>c</sub> [m·min <sup>-1</sup> ]	n [min <sup>-1</sup> ]	f <sub>z</sub> [mm/zub]
2.1	Upnout		1m0s	-	-	-
2.2	Frézovat rozměr 175 x 120	Double Octomill	30 m	265	845	0,17
2.3	Uvolnit, zbavit otřepů	Rotační kotoučová bruska	1 m	-	-	-

#### - Operace 3 – Frézování dle programu

Pro následující operaci byl zvolen stroj FGU 80. Výhodou tohoto stroje je přítomnost chlazení středem vřetena, které je výhodné u vrtání.

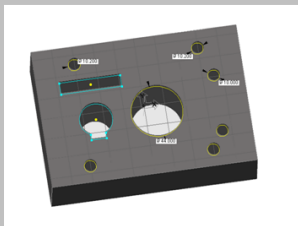
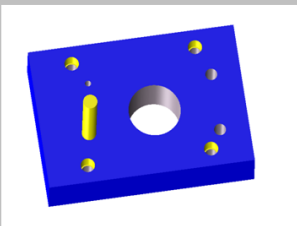
Tabulka 5. Operace 3

Číslo op.	Popis	Nástroj Pomůcky	Řezné podmínky:			
			T [min]	V <sub>c</sub> [m·min <sup>-1</sup> ]	n [min <sup>-1</sup> ]	f <sub>z</sub> [mm/zub]
3.1	Upnout	Modulární svěrák	0m30s	-	-	-
3.2	Frézovat plochu na tloušťku 30 mm	Double Octomill	1m0s	265	845	0,17
3.3	Navrtat důlky	SECO navrtávací	0m12s	176	3300	-
3.4	Vrtat D = 10,2 mm	SD203A-12.5	1m40s	100	2546	0,22
3.5	Vrtat D = 40 mm	Perfomax SD504	0m24s	180	1432	0,1
3.6	Vrtat D = 5 mm (pro drát. řezání)	Feedmax SD205A	0m35s	59	3724	0,1
3.7	Vrtat díru D 10 H7	Feedmax SD265A	0m40s	98	3119	0,2
3.8	Hrubovat díru D 44	fréza D 32	0m29s			
3.9	Frézování díry na či	JS550 – D 12	0m35s	265	845	0,7

3.10	Závitování M 12	MTH-M 12 x 1,75	0m35s	-	110	-
3.11	Uvolnit, zbavit otřepů	Rotační kotoučová bruska	1m0s	-	-	-
3.12	Kontrola rozměrů		3m0s	-	-	-

Otvory pro razník D28 a razník 52 x 10 budou vyrobeny v externí kooperaci metodou drátové řezání. Tyto otvory jsou konvenčními metodami obrábění obtížně obrobitelné.

Ze simulace provedené v programu GibbsCam vyšel výsledný čas obrábění 8 minut a 40 sekund. K času vycházejícímu ze simulace je potřeba přičíst čas pro přípravu stroje. Jedná se o chystání nástrojů a ustavení modulárního svěráku. Čas ustavení svěráku nesmí přesáhnout 20 minut. Na přípravu nástroje je vyčleněn čas 3 minuty. K celkovému času obrábění je potřeba přičíst čas potřebný pro výměnu nástrojů. U této operace je použito celkem 9 nástrojů. Tento díl by měl být vyroben za jednu hodinu.

GibbsCAM Znáte jednoduchý. Přirozeně výkonný. je všude tam, kde CNC obrábění dává smysl		Frézovací seřizovací list	
Typ Stroje: FGU 80		Materiál: 11 500	
Název souboru: kotevní deska-UP1.vnc		Post Processor: Heid TNC530 Strojtos FGU 80	
Komentář:		NCF soubor: KotdeskUP1	
Pozice výměny nástroje X:	0,000	Pozice výměny nástroje Z:	0,000
Program Výstup:			
Velikosti obrobku od referenční roviny ( X,Y, Z )			Jednotky: Metrické
Xmin	-87,50	Xmax	87,50
Ymin	-60,00	Ymax	60,00
Zmin	-30,00	Zmax	0,00
Délka X:		175,00	
Šířka Y:		120,00	
Výška Z:		30,00	
Obrys polotovaru / Geometrie		Výsledný obrobek po verifikaci	
			

Obrázek 19. Kotevní deska - seřizovací list

### 3.2 Technologie výroby základní desky

Základní deska je vyrobena z materiálu 11 500. Polotovar má rozměry 205 mm x 260 mm x 40 mm. U výroby následujícího výrobku nebude počítáno s časem přípravy stroje.

- **Operace 1 – Zarovnání plochy**

Tato operace bude provedena na stroji MCFV 2080 NT. Čas operace byl stanoven na 3 minuty.

Tabulka 6. Operace 1

Číslo op.	Popis	Nástroj Pomůcky	Řezné podmínky:			
			T [min]	$V_c$ [m·min <sup>-1</sup> ]	n [min <sup>-1</sup> ]	$f_z$ [mm/zub]
1.1	Upnout	Modulární svěrák	1m0s	-	-	-
1.2	Frézovat hl. 2 mm	Double Octomill	1m0s	265	845	0,17
1.3	Uvolnit, zbavit otřepů	Rotační kotoučová bruska	1m0s	-	-	-

- **Operace 2 – Frézování obvodů**

Pro následující operaci byl zvolen stroj WHN 9. Pracovník by měl danou operaci stihnout za maximálně 32 minut.

Tabulka 7. Operace 2

Číslo op.	Popis	Nástroj Pomůcky	Řezné podmínky:			
			T [min]	$V_c$ [m·min <sup>-1</sup> ]	n [min <sup>-1</sup> ]	$f_z$ [mm/zub]
2.1	Upnout		1m0s	-	-	-
2.2	Frézovat na rozměr 255 x 200	Double Octomill	30 m	265	845	0,17
2.3	Uvolnit, zbavit otřepů	Rotační kotoučová bruska	1 m	-	-	-

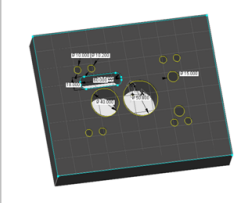
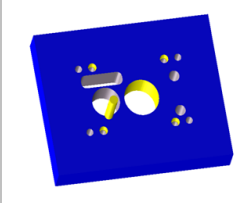
### - Operace 3 – Frézování dle programu

Byl zvolen stroj FGU 80.

Tabulka 8. Operace 3

Číslo op.	Popis	Nástroj Pomůcky	Řezné podmínky:			
			T [min]	V <sub>c</sub> [m·min <sup>-1</sup> ]	n [min <sup>-1</sup> ]	f <sub>z</sub> [mm/zub]
3.1	Upnout	Modulární svěrák	0m30s	-	-	-
3.2	Frézovat na tloušťku 35 mm	Double Octomill	1m	265	845	0,17
3.3	Navrtat důlky	SECO navrtávací	0m23s	-	3300	-
3.4	Vrtat otvor 2xD=40	Perfomax SD504	0m55s	180	1432	0,1
3.6	Vrtat díru D 10H7	Feedmax SD265A	1m14s	98	3119	0,2
3.7	Vrtat díru D 10,2	SD203-10.2	1m41s	100	3121	0,17
3.8	Vrtat díru D 15	SD203A-15.0	0m51s	100	2122	0,25
3.9	Frézovat drážku 60 x 15	JS550 – D 12	2m15s	265	845	0,7
3.10	Frézovat díru D 50	JS550 – D 12	2m32s			
3.11	Závitování M 12	MTH-M 12 x 1,75	0m30s		110	
3.12	Uvolnit, zbavit otřepů	Rotační kotoučová bruska	1m0s	-	-	-
3.13	Kontrola rozměrů		3m0s	-	-	-

Ze simulace provedené v programu GibbsCam vyšel výsledný čas obrábění 16 minut. Před samotným upnutím je potřeba upravit modulární svěrák. Vyráběná součást má jiné rozměry. Výroba této součásti by neměla přesáhnout čas 30 minut.

GibbsCAM		Frézovací seřizovací list	
je všude tam, kde Značí jednoduchý, Přirozený výkon. CNC obrábění dává smysl		Name: Gibbs User Name	Date: 27.4.2015 19:45
Typ Stroje: FGU 80	Materiál: 11 500		
Název souboru: Základní deska-UP1.vnc	Post Processor: FGU 80		
Komentář:	NCF soubor: ZákladUP1		
Pozice výměny nástroje X: 0,000	Pozice výměny nástroje Z: 0,000	Program Výstup:	
Velikosti obrobku od referenční roviny (X,Y,Z)		Jednotky: Metrické	
Xmin: -127,50	Xmax: 127,50	Délka X: 255,00	
Ymin: -100,00	Ymax: 100,00	Šířka Y: 200,00	
Zmin: -35,00	Zmax: 0,00	Výška Z: 35,00	
Obrys polotovaru / Geometrie		Výsledný obrobek po verifikaci	
			

Obrázek 20. Základní deska - seřizovací list

### 3.3 Technologie výroby vodicí desky

Vodicí deska je vyrobena z materiálu 11 500. Polotovár má rozměry 180 mm x 125 mm x 35 mm.

#### - Operace 1 – Zarovnání plochy

Tato operace bude provedena na stroji MCFV 2080 NT. Na tuto operaci je vyhrazen čas 3 minuty.

Tabulka 9. Operace 1

Číslo op.	Popis	Nástroj Pomůcky	Řezné podmínky:			
			T [min]	V <sub>c</sub> [m·min <sup>-1</sup> ]	n [min <sup>-1</sup> ]	f <sub>z</sub> [mm/zub]
1.1	Upnout	Modulární svěrák	1m0s	-	-	-
1.2	Frézovat hl. 2 mm	Double Octomill	1m0s	265	845	0,17
1.3	Uvolnit, zbavit otřepů	Rotační kotoučová bruska	1m	-	-	-

#### - Operace 2 – Frézování obvodů

Pro následující operaci byl zvolen stroj WHN 9. Tato operace by na stroji WHN9 měla trvat asi 32 minut.

Tabulka 10. Operace 2

Číslo op.	Popis	Nástroj Pomůcky	Řezné podmínky:			
			T [min]	V <sub>c</sub> [m·min <sup>-1</sup> ]	n [min <sup>-1</sup> ]	f <sub>z</sub> [mm/zub]
2.1	Upnout		1m0s	-	-	-
2.2	Frézovat na rozměr 175 x 120	Double Octomill	30 m	265	845	0,17
2.3	Uvolnit, zbavit otřepů	Rotační kotoučová bruska	1 m	-	-	-

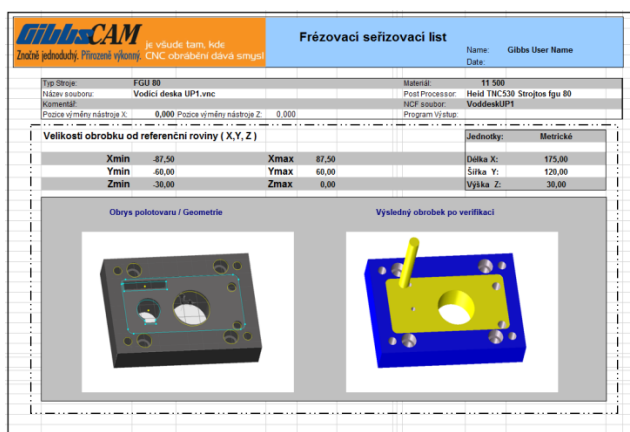
### - Operace 3 – Frézování dle programu

Pro tuto operaci byl zvolen stroj FGU 80.

Tabulka 11. Operace 3

Číslo op.	Popis	Nástroj Pomůcky	Řezné podmínky:			
			T [min]	$v_c$ [m·min <sup>-1</sup> ]	n [min <sup>-1</sup> ]	$f_z$ [mm/zub]
3.1	Upnout	Modulární svěrák	0m30s	-	-	-
3.2	Frézovat na tloušťku 35 mm	Double Octomill	1m	265	845	0,17
3.3	Navrtat důlky	SECO navrtávací	0m23s	-	3300	-
3.4	Vrtat otvor D=40	Perfomax D = 40	0m24s	180	1432	0,1
3.5	Vrtat otvory 10H7	Feedmax SD265A	1m54s	98	3119	0,2
3.6	Vrtat otvory D 12,5	SD203A-12.5	1m57s	100	2546	0,22
3.7	Vrtat D = 5 mm (pro drát. řezání)	Feedmax SD205A	0m35s	59	3724	0,1
3.8	Hrubovat díru D44	Fréza D 32	0m29s	192	1907	0,11
3.9	Frézovat zahloubení pro šrouby D 18	JS 550 – D12	1m	265	845	0,7
3.10	Frézovat díru D 44 na čisto	JS 550 – D12	0m35s	265	845	0,7
3.11	Frézovat mazací kapsu do hl 1	JS 550 – D12	2m12s	265	745	0,7
3.12	Uvolnit, zbavit otřepů	Rotační kotoučová bruska	1m0s	-	-	-
3.13	Kontrola dle výkresové dokumentace		3m0s	-	-	-

Výsledný čas obrábění je podle simulace 15 minut. S určitou rezervou byl výsledný čas obrábění stanoven na 20 minut.



Obrázek 21. Vodicí deska - seřizovací list

### 3.4 Technologie výroby opěrné desky II

Opěrná deska II je vyrobena z materiálu 11 500. Polotovar má rozměry 180 mm x 125 mm x 35 mm.

## - Operace 1 – Zarovnání plochy

Tato operace bude provedena na stroji MCFV 2080 NT.

Tabulka 12. Operace 1

Číslo op.	Popis	Nástroj Pomůcky	Řezné podmínky:			
			T [min]	$V_c$ [m·min <sup>-1</sup> ]	n [min <sup>-1</sup> ]	$f_z$ [mm/zub]
1.1	Upnout	Modulární svěrák	1m0s	-	-	-
1.2	Frézovat hl. 2 mm	Double Octomill	1m0s	265	845	0,17
1.3	Uvolnit, zbavit otřepů	Rotační kotoučová bruska	1m	-	-	-

## - Operace 2 – Frézování obvodů

Pro následující operaci byl zvolen stroj WHN 9. Obrábění bude trvat 32 minut.

Tabulka 13. Operace 2

Číslo op.	Popis	Nástroj Pomůcky	Řezné podmínky:			
			T [min]	$V_c$ [m·min <sup>-1</sup> ]	n [min <sup>-1</sup> ]	$f_z$ [mm/zub]
2.1	Upnout		0 m30s	-	-	-
2.2	Frézovat na rozměr 255 x 200	Double Octomill	32 m	265	845	0,17
2.3	Uvolnit, zbavit otřepů	Rotační kotoučová bruska	1 m	-	-	-

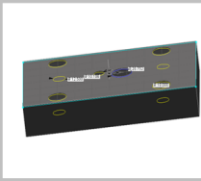
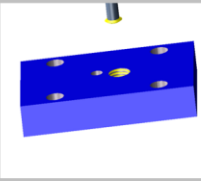
- Operace 3 – Frézování dle programu

Byl zvolen stroj FGU 80.

Tabulka 14. Operace 3

Číslo op.	Popis	Nástroj Pomůcky	Řezné podmínky:			
			T [min]	V <sub>c</sub> [m·min <sup>-1</sup> ]	n [min <sup>-1</sup> ]	f <sub>z</sub> [mm/zub]
3.1	Upnout	Modulární svěrák	0m30s	-	-	-
3.2	Frézovat na tloušťku 35 mm	Double Octomill	1m	265	845	0,17
3.3	Navrtat důlky	SECO navrtávací	0m12s	-	3300	-
3.4	Vrtat otvory 12,5	SD203A-12.5	1m48s	100	2546	0,22
3.5	Vrtat otvory 10,2	SD203-10.2	0m21s	100	3121	0,17
3.6	Frézovat zahloubení pro šrouby	JS550 D12	0m56s	265	845	0,7
3.7	Vrtat otvor D 21	Perfomax D - 21	0m31s	150	2274	0,07
3.8	Závitování M12	MTH-M 12 x 1,75	0m13s	-	110	-
3.9	Frézovat závit	Závitová fréza D17,5	0m35s	143	2600	-
3.10	Uvolnit, zbavit ořepů	Rotační kotoučová bruska	1m	-	-	-
3.11	Kontrola dle výkresové dokumentace		3m0s	-	-	-

Čas obrábění operace podle simulace je 10 minut. Výsledný čas operace 3 je 15 minut po přičtení přídatných časů.

GibbsCAM Značí jednoduchý. Přizpůsobí výkresy.		Frézovací seřizovací list	
je výkres tam, kde CNC obrábění dává smysl		Name:	Gibbs User Name
		Date:	
Typ stroje:	FGU 80	Materiál:	11 500
Název součásti:	Op deska II - UP1.vnc	Post Processor:	Held TNC530 Strojov FGU80
Komentář:		NCF součást:	Op deska II - UP1
Postup výroby nástroje X:	0,000	Postup výroby nástroje Z:	0,000
Program Vstup:			
Velikostí obrábku od referenční roviny (X,Y,Z)			
Xmin	-87,50	Xmax	87,50
Ymin	-60,00	Ymax	60,00
Zmin	-30,00	Zmax	0,00
Jednotky:		Metrické	
Délka X:		175,00	
Šířka Y:		120,00	
Výška Z:		30,00	
Obrýs polotovaru / Geometrie		Výsledný výrobek po verifikaci	
			

Obrázek 22. Opěrná deska II - seřizovací list



### 3.5 Výroba v externí kooperaci

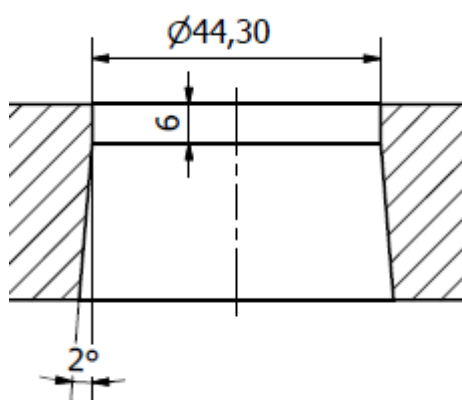
Jak již bylo zmíněno, omezující výrobní možnosti nutí firmy vyrábět některé díly v externí kooperaci. Některé díly je snazší nechat celé vyrobít touto cestou. Jedná se vesměs o díly, které je potřeba tepelně zpracovat. Po kalení v externí kooperaci musí následovat broušení dílů.

Tabulka 15. Externí kooperace

Název součásti	Materiál	Tepelné zpracování	T <sub>k</sub> [°C]
Střižná deska	19 312.4	Kalení – olej	740 – 780
Střižník 52 x 10	19 312.4	Kalení – olej	740 – 780
Střižník D44	19 312.4	Kalení – olej	740 – 780
Střižník D28	19 312.4	Kalení – olej	740 – 780
Opěrná deska	19 312.4	Kalení – olej	740 – 780
Rozpěrné lišty	19 312.4	Kalení – olej	740 – 780

#### - Střižná deska

K externí kooperaci bylo přistoupeno z důvodu tepelného zpracování. Problémem při výrobě by také bylo vyrobení úkosů v otvorech. Úkos je zobrazen na obrázku 23. Toto řešení má za cíl jednoduché vypadnutí výstřižku a má vyloučit jeho uvíznutí ve střižné desce. V otvorech pro střižníky je ponecháno 6 mm rovného otvoru, teprve poté pokračuje zkosení, a to z důvodu možného přebroušení. Střižná deska se v průběhu používání tupí a následně brousí.



Obrázek 23. Úkos ve střižné desce

Ostatní součásti uvedené v tabulce 15 je z ekonomického a časového hlediska výhodnější nechat vyrobít jako celek v externí kooperaci. Vybraná firma zařídí výrobu celého dílu, tedy vhodný materiál, obrobení i tepelné zpracování daných součástí.

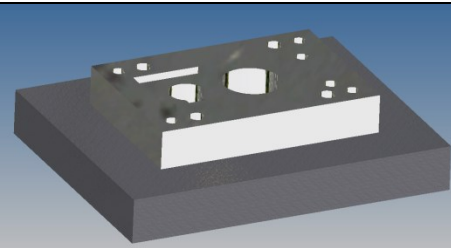
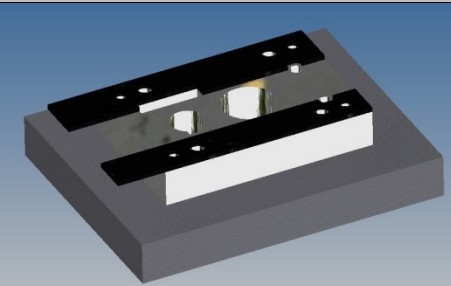
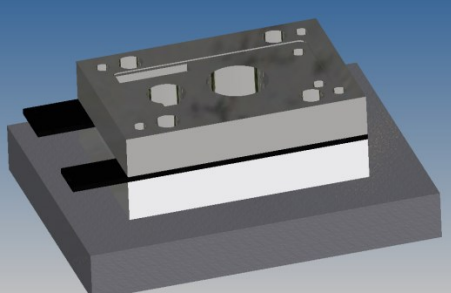
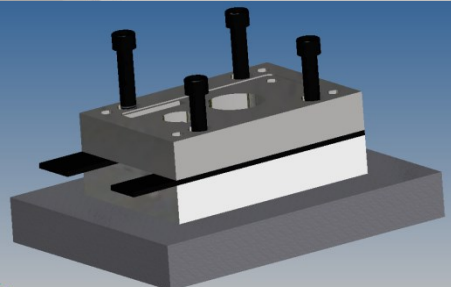
### 3.6 Postup montáže

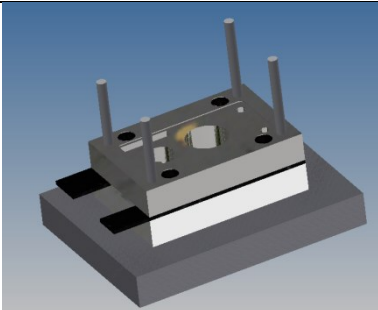
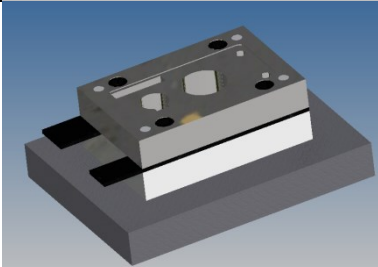
U montáže je důležité, aby všechny součásti byly vyrobeny přesně, z důvodu zapadnutí součástí. Před samotnou montáží je potřeba zbavit jednotlivé součásti stříhadla nečistot. Vyleštit součásti, které mají do sebe přesně zapadat. Drátové řezání zanechá na povrchu určitý film, který je potřeba před montáží odstranit.

#### - Montáž spodní části stříhadla

Spodní část stříhadla je složena ze základní desky, střížné desky, rozpěrných lišt, vodící desky, čtyřech kusů šroubů M12 a čtyřech kusů kolíků o průměru 10 mm.

Tabulka 16. Montáž spodní části stříhadla

Číslo op.	Popis		T [min]
1.	Vyleštit přesné otvory		20 m
2.	Na základní desku položit střížnou desku		0m30s
3.	Na střížnou desku položit rozpěrné lišty		0m30s
4.	Na rozpěrné lišty položit vodící desku		0m30s
5.	Do otvorů pro šrouby M12 lehce zašroubovat šrouby		1m0s

6.	Do kolíkových otvorů naklepnout kolíky D 10 mm, před zasunutím namazat olejem				1m0s
7.	Pevně přitáhnout šrouby M 12				0m30s

Celá montáž horní části stříhadla by neměla trvat déle než 24 minut. Při montáži se mohou vyskytnout nepředpokládané problémy. Proto se očekává čas montáže této části asi jednu hodinu.

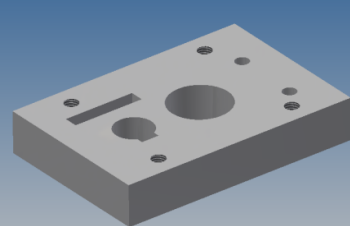
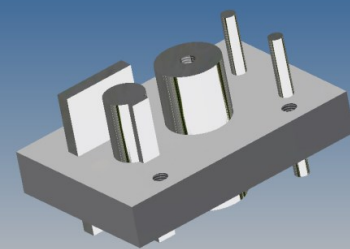
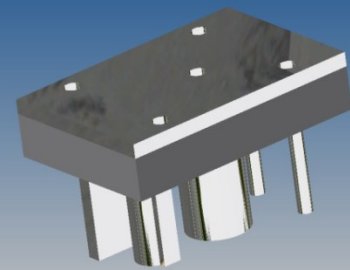
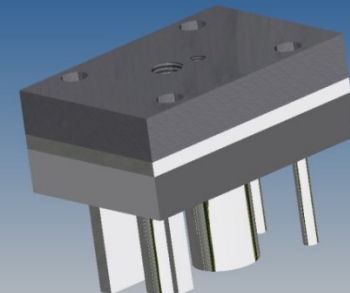
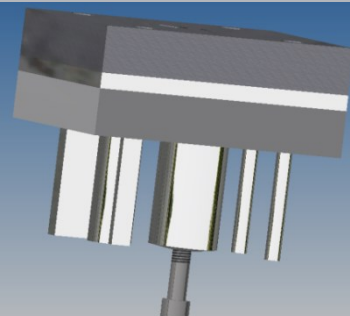
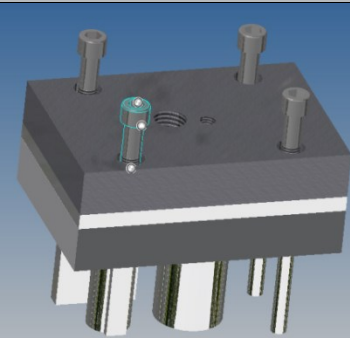
#### - Montáž horní části stříhadla

V horní části se nachází jednotlivé střížníky. Střížníky jsou vyrobeny tak, že v jejich horní části je vyrobeno osazení, které brání pohybu střížníku. V kotevní desce musí tedy také být vybroušeno osazení z důvodu zapadnutí jednotlivých střížníků. V levé části střížníku D52, na obrázku 18, je viditelné osazení, pro které je nutné vybrousit náběh na kotevní desce. Na povrchu jsou také viditelné nečistoty, které je třeba odstranit.



Obrázek 24. Střížník D52

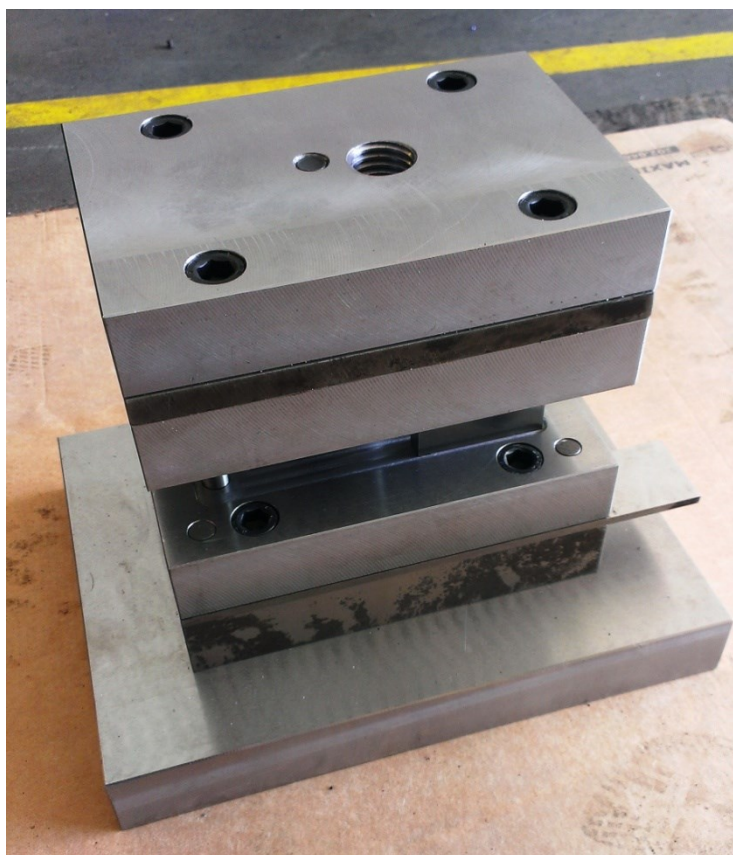
Tabulka 17. Montáž horní části nástroje

Číslo op.	Popis		T [min]
1.	Vyleštit přesné otvory		20 m
2.	Vybrousit náběhy pro střížníky a umístit střížníky do připravených otvorů		20m0s
3.	Na kotevní desku připevnit opěrnou desku I		0m30s
4.	Na opěrnou desku I připevnit opěrnou desku II		0m30s
5.	Zajistit střížník D44 šroubem M 12		1m0s
6.	Zašroubovat šrouby M 12		1m0s

Přibližný čas montáže této části byl stanoven asi na 43 minut. Je nutné počítat s možným výskytem problémů. Proto se na montáž této části počítá asi jedna hodina.

- **Spojení horní a dolní části**

V této finální fázi celého procesu výroby se do sebe zasune spodní a horní část stříhadla. Montáž celého stříhadla by neměla trvat déle než 3 hodiny. K montáži bude zapotřebí maximálně dvou lidí. Hotové stříhadlo je zobrazeno na obrázku 22. Chybí pouze bezpečnostní ohrádka, která má zabránit obsluze vložit ruku do nebezpečného prostoru. Tuto bezpečnostní ohrádku si namontuje zákazník.



Obrázek 25. Stříhadlo

## 4. Návrh technologických parametrů, strojů a nástrojů

### 4.1 Návrh vhodných strojů

Při výběru vhodných strojů bylo vycházeno ze strojního parku firmy. Operace, pro které nejsou k dispozici vhodné stroje a výrobní zařízení, jsou zařizovány formou externí kooperace. Jde o drátové řezání a tepelné zpracování.

#### - Fgu 80

Jedná se o univerzální frézovací centrum, které vyrobila firma Strojtos Lipník a.s. v roce 2008.



Obrázek 26. FGU 80 [16]

Tabulka 18. Parametry FGU80

Maximální zatížení stolu	5000 kg
Rozjezd (x, y, z)	2200 mm x 1000 mm x 900 mm
Upínací plocha stolu	800 mm x 2500 mm
Max. otáčky vřetene	4000 1/min
Pracovní posuv	0 – 10 000 mm/min
Rychloposuv	20 m/min
Výkon vřetene	20 kW
Řídicí systém	HeidenhainiTNC 530
Zásobník nástrojů	20 ks
Čas výměny	5 s
Hmotnost stroje	14 000 kg
Vnitřní chlazení	Ano



- **ZPS mcfv 2080 nt**

Tento stroj vyrobila firma TAJMAC-ZPS, a.s. Jedná se o tříosé vertikální frézovací centrum. Tento stroj je řízen systémem Heidenhain TNC 426. Upínací plocha stolu je 2200 x 780 mm. Pojezd v ose x činí 2000 mm a v osách y a z je to hodnota 800 mm. Výkon stroje je 17 kW, maximální otáčky jsou 6000 min<sup>-1</sup>. Zásobník nástrojů má 32 pozic. Nevýhodou je absence vodního chlazení. Tato skutečnost může způsobovat problémy především u vrtání otvorů.



Obrázek 27. ZPS mcfv 2080 nt [18]

Tabulka 19. Parametry ZPS MCFV 2080 nt

Maximální zatížení stolu	3000 kg
Rozjezd (x, y, z)	2010 mm x 810 mm x 810 mm
Upínací plocha stolu	780 mm x 2200 mm
Max. otáčky vřetene	6000 1/min
Pracovní posuv	0 – 10 000 mm/min
Rychloposuv	20 m/min
Výkon vřetene	17 kW
Řídicí systém	Heidenhain iTNC 426
Zásobník nástrojů	32 ks
Čas výměny	5 s
Hmotnost stroje	14 000 kg
Vnitřní chlazení	Ne

- **Horizontální vyvrtávačka WHN9**

Tuto horizontální vyvrtávačku vyrobila firma TOS Varnsdorf a je vybavena digitálním odměřováním. Upínací plocha stolu je 1000 x 1250 mm. Výkon elektromotoru je 20 kW při 2800 min<sup>-1</sup>. Hmotnost stroje je 13 400 kg.



Obrázek 28. WHN9 [19]

Tabulka 20. Parametry WHN 9

Maximální zatížení stolu	3000 kg
Rozjezd stolu (x, y, z)	1250 mm x 900 mm x 1100 mm
Upínací plocha stolu	1000 mm x 1250 mm
Vysunutí vřetene	630
Max. otáčky vřetene	1250 1/min
Pracovní posuv	0 – 10 000 mm/min
Výkon vřetene	20 kW
Hmotnost stroje	14 000 kg
Vnitřní chlazení	Ne



## 4.2 Návrh vhodných nástrojů

Většina nástrojů použitá pro obrábění pochází od švédského výrobce Seco. Řezné podmínky byly voleny pomocí programu Seco Cut, pomocí katalogu, a také konzultovány s prodejcem.

### 4.2.3 Nástroje pro frézování

#### - Fréza Double Octomill

Pro čelní frézování je zvolen nástroj Seco Double Octomill. Jedná se o vysoce univerzální a produktivní nástroj. Tento nástroj lze použít jak pro hrubování, tak i pro frézování na čisto. Další výhodou je, že ve zvolené fréze jsou použity destičky, které nabízejí 16 řezných hran. Je tedy zaručena dlouhá trvanlivost břitové destičky. Pro obrábění materiálu 11 500 jsou zvoleny břitové destičky ONMF090520ANTN-M14 s povrchem jakosti MP2500.



Obrázek 29. Fréza Double Octomill [20]

Tabulka 21. Řezné podmínky pro frézu R220.48-09

$a_p$ [mm]	$f_z$ [mm/zub]	$v_c$ [m/min]	Ot [1/min]	$f_{min}$ [mm/min]
2	0,17	265	845	1027

- **Navrtávák**

Tento nástroj slouží pro navrtání důlků před vrtáním otvorů. Je možné ho použít pro srážení hran a odstraňování otřepů.

- **Fréza D 12 mm**

Tento nástroj je použit pro frézování vybrání pro hlavy šroubu, a také pro frézování přesných otvorů. Pro tyto aplikace byla volena fréza Seco Jabro Solid 550. Jedná se o nástroj s vysokým výkonem. Tato fréza má dvojité průřez jádra. Pro zamezení vzniku vibrační nástroje má nestejnou rozteč zubů.



Obrázek 30. Fréza JS550 [21]

Tabulka 22. Řezné podmínky pro frézu JS550 [21]

$a_p$ [mm]	$f_z$ [mm/zub]	$v_c$ [m/min]	Ot [1/min]	$f_{min}$ [mm/min]
2	0,17	265	845	1027

- **Fréza D 32 mm**

Byla volena fréza Seco R215.59-08. Destičky CCMX08T308-E07.

Tabulka 23. Parametry frézy D32 [21]

$a_p$ [mm]	$f_z$ [mm/zub]	$v_c$ [m/min]	Ot [1/min]	$f_{min}$ [mm/min]
2	0,11	192	1907	419

#### 4.2.4 Nástroje pro vrtání

##### - Vrták průměru 10 mm

Otvory průměru 10 mm je nutné vyrobít v toleranci IT7. Z časového hlediska je vhodné volit vrták Seco Feedmax SD265A, který je schopen vyrobít otvor v předepsané toleranci přímým vrtáním. Vrták je povlakován povlakem TiAlN, který zaručuje odolnost vůči opotřebení. Vysoká stabilita je docílena pomocí šestice vodicích fazetek, přičemž 2. a 3. vodítko je vždy kalibrační. Nástroj je možné po otupení přebrousit.



Obrázek 31. Seco Feedmax SD265A [21]

Tabulka 24. Řezné podmínky - vrták Feedmax SD265A [21]

$f_n$ [mm/ot]	$v_c$ [m/min]	Ot [1/min]	$f_{min}$ [mm/min]
0,2	98	3119	638

##### - Vrták průměr 5 mm

Pro vrtání otvorů o průměru 5 mm, které slouží jako startovací bod pro drátové řezání, byl zvolen vrták SECO Feedmax. Jedná se o monolitní karbidový vrták. Poskytuje vysokou řeznou rychlost. Tento vrták dokáže obrobít díru v toleranci IT 8 až IT9. Označení zvoleného vrtáku je SD205A-5.0-32-6R5. Maximální hloubka vrtání je 32 mm.

Tabulka 25. Řezné podmínky - vrták Feedmax SD205A [21]

$f_n$ [mm/ot]	$v_c$ [m/min]	Ot [1/min]	$f_{min}$ [mm/min]
0,1	59	3724	375

##### - Vrták průměr 40 mm

Otvor o průměru 40 mm bude vrtán nástrojem Perfomax SD504-40-160-32RS.

Tabulka 26. Řezné podmínky SD504-40-160-32RS [21]

$f_n$ [mm/ot]	$v_c$ [m/min]	Ot [1/min]	$f_{min}$ [mm/min]
0,10	180	1432	137

- **Vrták průměr 12,5 mm**

Byl zvolen vrták SD203A-12.5-36-14R1. Maximální hloubka otvoru je 36 mm.

Tabulka 27. Řezné podmínky SD203A-12.5-36-14R1 [21]

$f_n$ [mm/ot]	$v_c$ [m/min]	Ot [1/min]	$f_{min}$ [mm/min]
0,22	100	2546	565

- **Vrták průměr 15 mm**

Vrták má označení SD203A-15.0-38-16R1. Tento nástroj je schopen vrtat do maximální hloubky 38 mm.

Tabulka 28. Řezné podmínky SD203A-15.0-38-16R1 [21]

$f_n$ [mm/ot]	$v_c$ [m/min]	Ot [1/min]	$f_{min}$ [mm/min]
0,25	100	2122	535

- **Vrták průměr 10,2 mm**

Otvor o průměru 10,2 slouží pro výrobu závitů M12.

Tabulka 29. Řezné podmínky SD203-10.2-31-12R1 [21]

$f_n$ [mm/ot]	$v_c$ [m/min]	Ot [1/min]	$f_{min}$ [mm/min]
0,17	100	3121	542

- **Vrták průměr 21 mm**

Otvor o průměru 40 mm bude vrtán nástrojem Perfomax SD504-21-84-25R7, vybaveným VBD SCGX060204-P1, třída povlaku T3000D. Otvor o průměru 21 mm slouží pro vyfrézování závitu M 24, který slouží k přenosu síly z lisu na nástroj.

Tabulka 30. Parametry vrtáku D 21 [21]

$f_{ot}$ [mm/ot]	$v_c$ [m/min]	Ot [1/min]	$f_{min}$ [mm/min]
0,07	150	2274	159

#### 4.2.5 Nástroje pro závitování

V celém nástroji se vyskytují dva druhy závitů. Jedná se o metrické profily M12 a M24.

- **Závit M12**

Tabulka 31. Parametry závitníku M 12 [21]

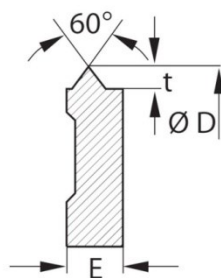
Označení	Otáčky [ot/min]	Stoupání [mm]
MTH-M12x1,75ISO6H-BC-v033	110	1,75

- **Závit M 27**

Závit M27 byl vyroben pomocí závitové frézy firmy Hoffmann Group. Výhodou této závitové frézy je možnost vyrobení více rozměrů závitů. Zvolená destička má úhel  $60^\circ$ . Je možné obrábět jak vnitřní, tak vnější závity.

Tabulka 32. Parametry destičky pro frézování závitů

Jmenovitý D [mm]	Stoupání [mm]	E Tloušťka [mm]	Hloubka t [mm]
17,5	1 – 3,5	3,5	0,578 – 2,023



Obrázek 32. Parametry destičky [17]

Tabulka 33. Řezné podmínky

$v_c$ [m/min]	Ot [1/min]	$f_{min}$ [mm/min]
143	2600	550

## 4.3 Návrh vhodných upínacích prvků

### 4.3.3. Modulární svěrák

Výhodou modulárních svěráků je široká škála použití ve strojírenství. Je vhodný pro použití jak v kusové, tak i sériové výrobě. Oblíbený je pro svou jednoduchou obsluhu. Obzvláště vhodný je pro použití na CNC obráběcích centrech, ale také na frézkách, bruskách i vrtačkách. Zaručuje vysokou přesnost upnutí, a také rychlé ustavení svěráku na stole obráběcího stroje.



Obrázek 33. Modulární svěrák [22]

#### 4. Technicko-ekonomické zhodnocení

V této kapitole bude zhodnocena jednak technická, a jednak ekonomická stránka výroby. Budou spočítány náklady na výrobu, cena polotovarů, náklady na montáž stříhadla. Polotovary pro výrobu desek jsou dodány ve formě výpalku. Ceny výpalků se pohybují kolem 35 Kč za kilogram. Cena hodiny drátového řezání se pohybuje okolo 600 Kč.

##### 4.1 Ekonomické zhodnocení

V této kapitole bude zhodnocena výroba z finančního hlediska. Nástroje pro obrábění byly voleny tak, aby investice do nákupu nástrojů byla co možná nejmenší.

##### 4.1.1 Ekonomické zhodnocení výroby kotevní desky

Polotovar pro výrobu kotevní desky má formu výpalku o rozměrech 180 mm x 125 mm x 35 mm. Do nákladů se může negativně promítnout čas na přípravu stroje. Tento čas nebude při dalších operacích započítán. Otvory pro střížník 52 x 10 a D 24 jsou vyrobeny v externí kooperaci.

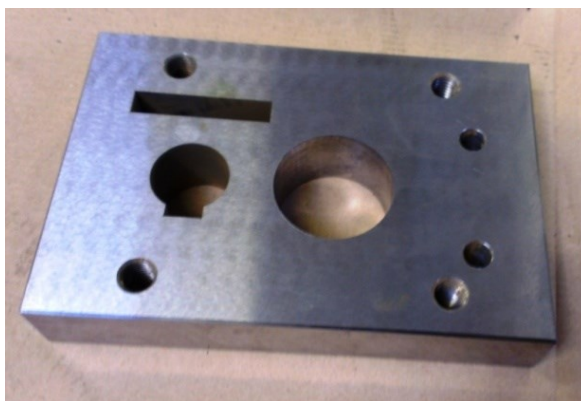
$$N_1 = T_1 \cdot \frac{Sh_{MCFV}}{60} = 33 \cdot \frac{1000}{60} = 550 \text{ Kč}$$

$$N_2 = T_2 \cdot \frac{Sh_{WHN9}}{60} = 47 \cdot \frac{500}{60} = 391,7 \text{ Kč}$$

$$N_3 = T_3 \cdot \frac{Sh_{FGU80}}{60} = 60 \cdot \frac{1000}{60} = 1000 \text{ Kč}$$

Tabulka 34. Náklady na výrobu kotevní desky

Operace	Náklady [Kč]
Materiál polotovaru	217
Operace 1	550
Operace 2	391,7
Operace 3	1000
Drátové řezání	800
<b>Celkem</b>	<b>2958,7</b>



Obrázek 34. Kotevní deska

#### 4.1.2 Ekonomické zhodnocení výroby základní desky

Polotovár pro výrobu základní desky má rozměry 205 mm x 260 mm x 40 mm. Do výsledného času nebyl promítnut čas přípravy stroje. Tato součást je kompletně vyrobena ve firmě. Není využito externích kooperací.

$$N_1 = T_1 \cdot \frac{Sh_{MCFV}}{60} = 3 \cdot \frac{1000}{60} = 50 \text{ Kč}$$

$$N_2 = T_2 \cdot \frac{Sh_{WHN9}}{60} = 32 \cdot \frac{500}{60} = 266,7 \text{ Kč}$$

$$N_3 = T_3 \cdot \frac{Sh_{FGU80}}{60} = 30 \cdot \frac{1000}{60} = 500 \text{ Kč}$$

Tabulka 35. Náklady na výrobu základní desky

Operace	Náklady [Kč]
Materiál polotovaru	714,4
Operace 1	50
Operace 2	266,7
Operace 3	500
<b>Celkem</b>	<b>1531,1</b>





Obrázek 35. Základní deska

#### 4.1.3 Ekonomické zhodnocení výroby vodicí desky

Polotovár pro výrobu kotevní desky má formu výpalku o rozměrech 180 mm x 125 mm x 35 mm.

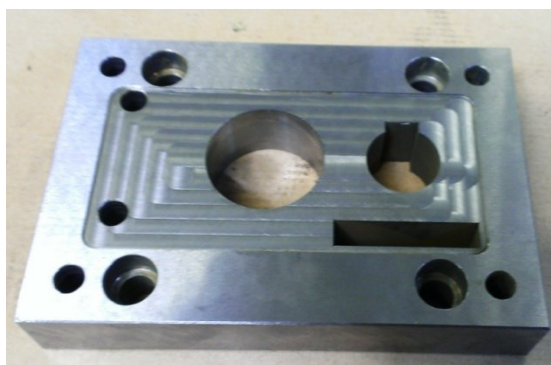
$$N_1 = T_1 \cdot \frac{Sh_{MCFV}}{60} = 3 \cdot \frac{1000}{60} = 50 \text{ Kč}$$

$$N_2 = T_2 \cdot \frac{Sh_{WHN9}}{60} = 32 \cdot \frac{500}{60} = 267 \text{ Kč}$$

$$N_3 = T_3 \cdot \frac{Sh_{FGU80}}{60} = 20 \cdot \frac{1000}{60} = 333 \text{ Kč}$$

Tabulka 36. Náklady na výrobu vodicí desky

Operace	Náklady [Kč]
Materiál polotovaru	217
Operace 1	50
Operace 2	267
Operace 3	333
Drátové řezání	800
<b>Celkem</b>	<b>1667</b>



Obrázek 36. Vodicí deska

#### 4.1.4 Ekonomické zhodnocení výroby opěrné desky II

Polotovár pro výrobu kotevní desky má formu výpalku o rozměrech 180 mm x 125 mm x 35 mm. Tato součást je celá vyrobena ve firmě. Není využito externí kooperace.

$$N_1 = T_1 \cdot \frac{Sh_{MCFV}}{60} = 3 \cdot \frac{1000}{60} = 50 \text{ Kč}$$

$$N_2 = T_2 \cdot \frac{Sh_{WHN9}}{60} = 32 \cdot \frac{500}{60} = 267 \text{ Kč}$$

$$N_3 = T_3 \cdot \frac{Sh_{FGU80}}{60} = 15 \cdot \frac{1000}{60} = 250 \text{ Kč}$$

Tabulka 37. Náklady na výrobu opěrné desky II

Operace	Náklady
Materiál polotovaru	217 Kč
Operace 1	50 Kč
Operace 2	267 Kč
Operace 3	250 Kč
<b>Celkem</b>	<b>784 Kč</b>



Obrázek 37. Opěrná deska II

#### 4.1.5 Ekonomické zhodnocení výroby v externí kooperaci

V této kapitole budou uvedeny ceny výroby jednotlivých součástí, včetně kalení. V tabulce 36 jsou uvedeny ceny polotovarů a ceny výroby součástí.

Tabulka 38. Ceny externích výrobků

Název součásti	Cena polotovaru [Kč]	Výrobní cena [Kč]
Střížná deska	500	8000
Střížník 52x10	100	1000
Střížník D44	200	3000
Střížník D28	100	2000
Opěrná deska	250	2200
Lišta I	50	1050
Lišta II	60	1200

Náklady spojené s výrobou v externí kooperaci jsou 19 710 Kč.

#### 4.1.6 Ekonomické zhodnocení montáže

Montáž je finální částí výrobního postupu, u které se promítnou všechny nepřesnosti výroby. Do ekonomického zhodnocení je také nutné započítat náklady na dopravu polotovarů, a také svoz dílů z externí kooperace. Vzdálenost firmy vyrábějící požadované součásti je zhruba 35 km. Pro dopravu je brána taxa 8 Kč za kilometr jízdy.

Doba montáže stříhadla byla odhadnuta na 3 hodiny. Je počítáno, že montáž budou vykonávat maximálně dva dělníci. Náklady na hodinovou práci člověka jsou 200 Kč.

$$N_m = 2 \cdot T_m \cdot Sh_d = 2 \cdot 3 \cdot 200 = 1200 \text{ Kč}$$

$$N_d = 2 \cdot D \cdot S_{km} = 2 \cdot 35 \cdot 8 = 560 \text{ Kč}$$



Obrázek 38. Stříhadlo

Celkové náklady na montáž stříhadla, tedy práce dvou pracovníků na tři hodiny a doprava dílů, jsou 1760 Kč.

#### 4.1.6 Celkové shrnutí nákladů

Zatím byly spočteny náklady spojené s výrobou a montáží jednotlivých částí. Je potřeba zajistit, aby podnik na výrobě vykázal úměrný zisk.

Tabulka 39. Shrnutí nákladů

Součást	Náklady [Kč]
Kotevní deska	2958,7
Základní deska	1531,1
Vodicí deska	1667
Opěrná deska II	784
Montáž	1760
Externí kooperace	19 710
<b>Celkem - <math>N_c</math></b>	<b>28 410,8</b>

Pro zajištění úměrného zisku budou náklady vynásobeny koeficientem 1,4. Tato skutečnost by měla jednak pokrýt možné prodloužení výrobního času, nezapočtený spojovací materiál, a jednak pokrýt režijní náklady, přípravný čas výroby atd.

$$C = N_c \cdot 1,4 = 28410,8 \cdot 1,4 = 39\,775 \text{ Kč}$$

Celková prodejní cena pro zákazníka je po zaokrouhlení 40 000 Kč.



Obrázek 39. Vystřižená podložka

## 5. Závěr

Tato práce se zabývala technologií výroby stříhadla. Jedná se o postupové stříhadlo s krokem 52 mm. Zvolené stříhadlo se skládá z dvanácti hlavních částí. Stříhadlo slouží pro výrobu podložek. Hotový výrobek je zobrazen na obrázku 35 v předešlé kapitole.

Byl proveden rozbor jednotlivých součástí výrobku. Následovalo rozhodnutí o vhodných výrobních pracovištích. Pro některé součásti byla zvolena výroba formou externích kooperací. Toto řešení bylo přijato pro součásti vyrobené z hůře obrobitelných materiálů, pro které je také nutné tepelné zpracování. Z časového hlediska je toto řešení výhodné. Některé součásti by bylo obtížné vyrobit na strojích stávajícího výrobního parku firmy.

Pro součásti vyráběné na vlastních pracovištích následoval návrh vhodného technologického postupu a volby velikosti polotovarů. Z důvodu potřeby rychle vyrobit zakázku, bylo přijato řešení, při kterém bylo zapojeno více strojů. Zvolené stroje jsou ve strojním vybavení firmy. Výrobní časy byly získány ze simulací obrábění v programu GibbsCAM. Simulace nepočítá s výměnou nástrojů, najetím stroje do výměny nástrojů atd. Časy vycházející ze simulací tedy musely být navýšeny z důvodu přiblížení se co nejvíce skutečnému času obrábění. Tyto časy slouží pro vypočítání nákladů na výrobu součástí. Zpracován byl také montážní postup nástroje.

Další kapitola byla věnována volbě strojů, nástrojů a upínacích prvků. Nástroje byly voleny výhradně od firmy Seco. Švédský výrobce nástrojů je výhradním dodavatelem řezných nástrojů firmy. Nástroje byly voleny tak, aby byly co nejuniverzálnější a bylo je možno použít i pro výrobu jiných zakázek. Některé potřebné nástroje nejsou v nabídce firmy Seco, a proto bylo využito jiného dodavatele. Vhodné řezné podmínky byly voleny pomocí programu SecoCut, pomocí katalogů, ale také po konzultaci s prodejcem. Program SecoCut je volně ke stažení na internetových stránkách výrobce.

Závěr práce byl věnován technicko-ekonomickému zhodnocení, tedy vyčíslení nákladů. A to jak na výrobu ve vlastním provozu, tak i pro výrobu v externí kooperaci. Celkové náklady na výrobu činí 28 410,80 Kč. Tato hodnota byla násobena koeficientem 1,4. Navýšení o 40% by mělo pokrýt režijní náklady, možné prodloužení výrobního času, možnost změny ceny u dodavatele. Výsledná cena nástroje je po zaokrouhlení 40 000 Kč.

## Seznam použité literatury

- [1] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. *Technologie II 1.díl*. Ostrava: Ediční středisko VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2008, s. 150. ISBN 978-80-248-1822-1.
- [2] ŘASA, J.; Vladimír, G. *Strojírenská technologie 3: Merody, stroje a nástroje pro obrábění*. 2. vyd. Praha: Scientia, 2005, 256 s. ISBN 80-718-3337-1.
- [3] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. *Technologie II 2.díl*. Ostrava: Ediční středisko VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2008, s. 150. ISBN 978-80-248-1822-1.
- [4] LEINVEBER, J.; VÁVRA, P. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 3. dopl. vyd. Úvaly: ALBRA, 2006, xiv, 914 s. ISBN 80-736-1033-7.
- [5] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; SADÍLEK, M.; PETŘKOVSKÁ, L.; NOVÁKOVÁ, J. *Nové směry v progresivním obrábění*. Ostrava: Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007. Dostupné na <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/NSPO/> ISBN 978-80-248-1505-3.
- [6] *Příručka obrábění: kniha pro praktiky*. 1. české vyd. Překlad Miroslav Kudela. Praha: Scientia, c1997, 1 sv. (různé stránkování). ISBN 91-972-2994-6.
- [7] THELNING, Karl-Erik a SECO. *Steel and its heat treatment: Bofors handbook*. Boston: Butterworths, 1975, 570 p. ISBN 04-087-0651-1.
- [8] STAHL, Jan-Eric a SECO. *Metal cutting theories and models*. Suède (Lund University, Box 118, 221 00 Lund, Sweden): Division of Production and Materials Engineering, 2012. ISBN 978-916-3713-361.
- [9] SHAW, Milton Clayton. *Metal cutting principles*. 2nd ed. New York: Oxford University Press, 2005, xix, 651 s. ISBN 01-951-4206-3.
- [10] AB SANDVIK COROMANT. 1997. *Produktivní obrábění kovů*. Idérekam , Sandviken.
- [11] [online]. MM Průmyslové spektrum [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/multimedia/image/88/8821.jpg>

- [12] [online]. MM Průmyslové spektrum [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: [http://www.mmspektrum.com/content/image/gallery/04\\_2013\\_25\\_1365162906/seco\\_obr\\_03.jpg](http://www.mmspektrum.com/content/image/gallery/04_2013_25_1365162906/seco_obr_03.jpg)
- [13] [online]. MM Průmyslové spektrum [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/multimedia/image/22/2212.jpg>
- [14] [online]. Sandvik Coromant [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: [http://www.sandvik.coromant.com/SiteCollectionImages/Technical%20guide/Snapshots/cze/H%20Materials/h016\\_cze.jpg](http://www.sandvik.coromant.com/SiteCollectionImages/Technical%20guide/Snapshots/cze/H%20Materials/h016_cze.jpg)
- [15] [online]. MM Průmyslové spektrum [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: [http://www.mmspektrum.com/content/image/gallery/2011-2\\_6\\_1323956473/seco\\_obr\\_03.jpg](http://www.mmspektrum.com/content/image/gallery/2011-2_6_1323956473/seco_obr_03.jpg)
- [16] [online]. Fermat Lipník [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: [http://www.fermatlipnik.cz/images/sluzby/servis/006\\_fgu-80.jpg](http://www.fermatlipnik.cz/images/sluzby/servis/006_fgu-80.jpg)
- [17] [online]. Hoffmann Group [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: <https://www.hoffmann-group.com/CZ/cs/hot/Modulární-obrábění/Frézy-s-vyměnitelnými-destičkami-GARANT/60°-fréz-destička-HB-7720-1%2C5-mm-GARANT/p/217505-1-3,5>
- [18] Engelhardt maschinen [online]. [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: <http://www.engelhardt-maschinen.com/maschinen/1899.htm>
- [19] TOP-BAZAR [online]. [cit. 2015-05-10] Dostupné z: <http://www.top-bazar.cz/stroje/kovovyroba/vodorovna-vyvtavacka-tos-wh-10-nc-148448/>
- [20] [online]. [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: <http://www.onlinetmd.com/FileUploads/image/AMD/Seco%20Double%20Octomill.jpg>
- [21] Seco Tools [online]. [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: <https://www.secotools.com/cs/Global/Products/>
- [22] [online]. Hoffmann Group [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: <https://www.hoffmann-group.com/CZ/cs/hot/Upínací-technika/Svěráky/Modulární-svěrák-125-mm/p/362100>

## **Seznam příloh**

Příloha č. 1

Sestavný výkres součásti



## 6. Seznam obrázků a grafů

Obrázek 1. Vybrané stříhadlo .....	11
Obrázek 2. Kotevní deska .....	12
Obrázek 3. Střížná deska .....	12
Obrázek 4. Lišta I.....	13
Obrázek 5. Lišta II .....	13
Obrázek 6. Vodicí deska .....	13
Obrázek 7. Opěrná deska I.....	14
Obrázek 8. Opěrná deska II .....	14
Obrázek 9. Střížník D 28 .....	14
Obrázek 10. Střížník D 44 .....	15
Obrázek 11. Střížník 52 x 10 .....	15
Obrázek 12. Střížník D 10 .....	15
Obrázek 13. Frézování [11] .....	17
Obrázek 14. Poloha nástroje při frézování [12].....	18
Obrázek 15. Řezné podmínky [13] .....	19
Obrázek 16. Skupiny obráběných materiálů [14] .....	21
Obrázek 17. Obrobitelnost [15] .....	22
Obrázek 18. GibbsCAM 2014 .....	24
Obrázek 19. Kotevní deska - seřizovací list.....	26
Obrázek 20. Základní deska - seřizovací list .....	28
Obrázek 21. Vodicí deska - seřizovací list.....	30
Obrázek 22. Opěrná deska II - seřizovací list.....	32
Obrázek 23. Úkos ve střížné desce .....	33
Obrázek 24. Střížník D52 .....	35
Obrázek 25. Stříhadlo .....	37
Obrázek 26. FGU 80 [16] .....	38
Obrázek 27. ZPS mcfv 2080 nt [18] .....	39
Obrázek 28. WHN9 [19].....	40
Obrázek 29. Fréza Double Octomill [20] .....	41
Obrázek 30. Fréza JS550 [21].....	42
Obrázek 31. Seco Feedmax SD265A [21].....	43
Obrázek 32. Parametry destičky [17] .....	45
Obrázek 33. Modulární svěrák [22].....	46

Obrázek 34. Kotevní deska .....	48
Obrázek 35. Základní deska.....	49
Obrázek 36. Vodicí deska .....	49
Obrázek 37. Opěrná deska II .....	50
Obrázek 38. Stříhadlo .....	51
Obrázek 39. Vystřižená podložka .....	52
Tabulka 1. Použité materiály .....	16
Tabulka 2. Mechanické vlastnosti 11 500.....	16
Tabulka 3. Operace 1 .....	25
Tabulka 4. Operace 2 .....	25
Tabulka 5. Operace 3 .....	25
Tabulka 6. Operace 1 .....	27
Tabulka 7. Operace 2 .....	27
Tabulka 8. Operace 3 .....	28
Tabulka 9. Operace 1 .....	29
Tabulka 10. Operace 2 .....	29
Tabulka 11. Operace 3 .....	30
Tabulka 12. Operace 1 .....	31
Tabulka 13. Operace 2 .....	31
Tabulka 14. Operace 3 .....	32
Tabulka 15. Externí kooperace .....	33
Tabulka 16. Montáž spodní části stříhadla .....	34
Tabulka 17. Montáž horní části nástroje.....	36
Tabulka 18. Parametry FGU80 .....	38
Tabulka 19. Parametry ZPS MCFV 2080 nt.....	39
Tabulka 20. Parametry WHN 9 .....	40
Tabulka 21. Řezné podmínky pro frézu R220.48-09.....	41
Tabulka 22. Řezné podmínky pro frézu JS550 [21] .....	42
Tabulka 23. Parametry frézy D32 [21] .....	42
Tabulka 24. Řezné podmínky - vrták Feedmax SD265A [21] .....	43
Tabulka 25. Řezné podmínky - vrták Feedmax SD205A [21] .....	43
Tabulka 26. Řezné podmínky SD504-40-160-32RS [21].....	43
Tabulka 27. Řezné podmínky SD203A-12.5-36-14R1 [21].....	44

Tabulka 28. Řezné podmínky SD203A-15.0-38-16R1 [21].....	44
Tabulka 29. Řezné podmínky SD203-10.2-31-12R1 [21].....	44
Tabulka 30. Parametrz vrt8ku D 21 [21] .....	44
Tabulka 31. Parametry závitníku M 12 [21].....	45
Tabulka 32. Parametry destičky pro frézování závitů .....	45
Tabulka 33. Řezné podmínky .....	45
Tabulka 34. Náklady na výrobu kotevní desky .....	47
Tabulka 35. Náklady na výrobu základní desky .....	48
Tabulka 36. Náklady na výrobu vodící desky .....	49
Tabulka 37. Náklady na výrobu opěrné desky II.....	50
Tabulka 38. Ceny externích výrobků.....	51
Tabulka 39. Shrnutí nákladů .....	52